

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re patent application of

Yuki MATSUOKA

Serial No.: 10/614,153

Group Art Unit: Not Yet Assigned

Filing Date: July 8, 2003

Examiner: Unknown

For: ELECTRIC POWER STEERING APPARATUS

Honorable Commissioner of Patents
Alexandria, VA 22313-1450

SUBMISSION OF PRIORITY DOCUMENT

Sir:

Submitted herewith is a certified copy of Japanese Application Number 2002-199468
filed on July 9, 2002, upon which applications the claim for priority is based.

Respectfully submitted,



Sean M. McGinn, Esq.
Registration No. 34,386

Date: 10/1/03
McGinn & Gibb, PLLC
Intellectual Property Law
8321 Courthouse Road, Suite 200
Vienna, VA 22182-3817
(703) 761-4100
Customer No. 21254

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 7月 9日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-199468

[ST.10/C]:

[JP 2002-199468]

出 願 人

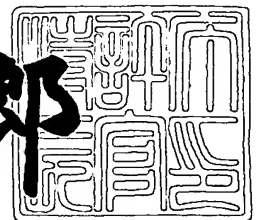
Applicant(s):

光洋精工株式会社

2003年 7月 3日

特 許 庁 長 官
Commissioner,
Japan Patent Office

太田信一郎



出証番号 出証特2003-3052762

【書類名】 特許願

【整理番号】 103640

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B62D 5/04
B62D 6/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号 光洋精工株式会社内

【氏名】 松岡 祐樹

【特許出願人】

【識別番号】 000001247

【住所又は居所】 大阪府大阪市中央区南船場三丁目5番8号

【氏名又は名称】 光洋精工株式会社

【代理人】

【識別番号】 100104695

【弁理士】

【氏名又は名称】 島田 明宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 114570

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 電動パワーステアリング装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 車両操舵のための操作手段による操作に応じて電動モータを駆動することにより当該車両のステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータに流すべき電流の目標値を補正することにより電流指令値を算出する電流指令値演算手段と、

前記電流指令値の電流が前記電動モータに流れるように前記電動モータの駆動を制御する駆動制御手段と、

前記操作手段による操作量を中立点に収斂させるために前記電流指令値演算手段によって補正すべき前記目標値の補正量であるダンピング補償値を決定する収斂制御手段とを備え、

前記収斂制御手段は、

前記操作量の変化速度である操舵速度および前記車両の走行速度である車速に基づき、前記目標値の補正量に相当する基本ダンピング補償電流値を決定する補償電流設定手段と、

前記操作手段に加えられる操舵トルクおよび前記操作量に基づいて前記基本ダンピング補償電流値を修正することにより、前記ダンピング補償値を算出する補償電流修正手段と

を含むことを特徴とする電動パワーステアリング装置。

【請求項 2】 前記補償電流修正手段は、所定時間内に前記操作量が中立点より増加した後に減少し、かつ前記操舵トルクが所定値以下であるときに、前記ダンピング補償値が増大するように前記基本ダンピング補償電流値を修正することを特徴とする、請求項 1 に記載の電動パワーステアリング装置。

【請求項 3】 前記補償電流修正手段は、

前記操作量および前記操舵トルクに基づき、前記基本ダンピング補償電流値に対するゲインを決定するゲイン決定手段と、

前記ゲインを前記基本ダンピング補償電流値に乗算することにより前記ダン

ピング補償値を算出する乗算手段とを含み、

前記ゲイン決定手段は、所定時間内に前記操作量が中立点より増加した後に減少し、かつ前記操舵トルクが所定値以下であるときに、前記ゲインを増大させることを特徴とする、請求項 2 に記載の電動パワーステアリング装置。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、車両操舵のための操作に応じて電動モータを駆動することにより当該車両のステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置に関し、更に詳しくは、そのような電動パワーステアリング装置においてハンドルを中立位置に戻すための収斂制御に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術】

従来から、運転者がハンドル（ステアリングホイール）に加える操舵トルクに応じて電動モータを駆動することによりステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置が用いられている。この電動パワーステアリング装置では、操舵のための操作手段であるハンドルに加えられる操舵トルクを検出するトルクセンサが設けられており、そのトルクセンサで検出される操舵トルクに基づき電動モータに流すべき電流の目標値としての電流指令値が設定される。そして、この電流指令値と電動モータに実際に流れる電流値との偏差に基づき、電動モータの駆動手段に与えるべき電圧指令値が生成される。電動モータの駆動手段は、例えば、その電圧指令値に応じたデューティ比のパルス幅変調信号（PWM 信号）を生成する PWM 信号生成回路と、その PWM 信号のデューティ比に応じてオン／オフするパワートランジスタを用いて構成されるモータ駆動回路とから成り、そのデューティ比に応じた電圧すなわち電圧指令値に応じた電圧を電動モータに印加する。この電圧印加によって電動モータに流れる電流は電流検出器によって検出され、この検出値と上記電流指令値との差が上記電圧指令値を生成するための偏差として使用される。電動パワーステアリング装置では、このようにして、操舵トルクに基づき設定される目標値（電流指令値）の電流が電動モータ

タに流れるようにフィードバック制御が行われる。

【0003】

また、上記のような電動パワーステアリング装置においては、操舵のための操作手段としてのハンドルを中立位置に収斂させるための収斂制御も行われている。この収斂制御は、モータ電流の目標値を操舵速度および車速に応じて補正することによって行われ、このときの補正量は「収斂電流値」または「ダンピング補償電流値」と呼ばれる。この収斂制御の具体的な方式としては、例えば、ダンピング補償電流と操舵速度との関係を与えるテーブルであるダンピング補償電流マップや、ダンピング補償電流値に乗算すべきゲインと車速との関係を与えるテーブルである車速ゲインマップを予め用意しておき、それらのマップに基づき各時点の操舵速度および車速に応じたダンピング補償電流値を決定するという方式が採用されている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】

しかし、従来の収斂制御では、上記のように操舵速度および車速に基づきダンピング補償電流値が決定されるため、収斂制御が必要でない場合にもそのダンピング補償電流値に基づきモータ電流が補正されることがある。例えば、速くハンドルが切られた場合すなわち急操舵の場合には、収斂制御のために運転者にはハンドルが重く感じられることがある。すなわち、収斂制御におけるモータ電流の補正は、ハンドルの回転方向と逆の方向のトルクの発生に相当するので、収斂制御が操舵フィーリングに悪影響を与えることがある。

そこで、本発明では、良好な収斂特性を確保しつつ収斂制御による操舵フィーリングへの悪影響を抑えることにより操舵フィーリングを向上させた電動パワーステアリング装置を提供することを目的とする。

【0005】

【課題を解決するための手段および発明の効果】

第1の発明は、車両操舵のための操作手段による操作に応じて電動モータを駆動することにより当該車両のステアリング機構に操舵補助力を与える電動パワーステアリング装置であって、

前記電動モータに流すべき電流の目標値を補正することにより電流指令値を算出する電流指令値演算手段と、

前記電流指令値の電流が前記電動モータに流れるように前記電動モータの駆動を制御する駆動制御手段と、

前記操作手段による操作量を中立点に収斂させるために前記電流指令値演算手段によって補正すべき前記目標値の補正量であるダンピング補償値を決定する収斂制御手段とを備え、

前記収斂制御手段は、

前記操作量の変化速度である操舵速度および前記車両の走行速度である車速に基づき、前記目標値の補正量に相当する基本ダンピング補償電流値を決定する補償電流設定手段と、

前記操作手段に加えられる操舵トルクおよび前記操作量に基づいて前記基本ダンピング補償電流値を修正することにより、前記ダンピング補償値を算出する補償電流修正手段とを含むことを特徴とする。

【 0 0 0 6 】

このような第 1 の発明によれば、操舵速度および車速に基づいて決定された基本ダンピング補償電流値を操舵トルクおよび操作量（舵角量）に基づいて修正することにより、特に収斂制御を必要とする操舵状態か否かに応じてダンピング補償値の大きさを変えることができる。すなわち、特に収斂制御を必要とする操舵状態（例えば道路状態に起因する逆入力によってハンドルが突発的に切れて戻るような場合）においてはダンピング補償値を大きくし、そのような操舵状態以外のときにはダンピング補償値を小さくすることができる。これより、良好な収斂特性を確保しつつ操舵フィーリングを向上させることが可能となる。

【 0 0 0 7 】

第 2 の発明は、第 1 の発明において、

前記補償電流修正手段は、所定時間内に前記操作量が中立点より増加した後に減少し、かつ前記操舵トルクが所定値以下であるときに、前記ダンピング補償値が増大するように前記基本ダンピング補償電流値を修正することを特徴とする。

【 0 0 0 8 】

このような第 2 の発明によれば、所定時間内に前記操作量が中立点より増加した後減少し、かつ前記操舵トルクが所定値以下である操舵状態において、ダンピング補償値が増大するので、特に収斂制御を必要とする場合、例えば道路状態に起因する逆入力によってハンドルが突発的に切れて戻るような場合においても、良好な収斂特性が確保される。また、上記の操舵状態以外の場合には、ダンピング補償値が比較的小さい値となるので、操舵フィーリングが向上する。

【0009】

第 3 の発明は、第 2 の発明において、

前記補償電流修正手段は、

前記操作量および前記操舵トルクに基づき、前記基本ダンピング補償電流値に対するゲインを決定するゲイン決定手段と、

前記ゲインを前記基本ダンピング補償電流値に乗算することにより前記ダンピング補償値を算出する乗算手段とを含み、

前記ゲイン決定手段は、所定時間内に前記操作量が増加した後に減少し、かつ前記操舵トルクが所定値以下であるときに、前記ゲインを増大させることを特徴とする。

【0010】

【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して本発明の実施形態について説明する。

< 1. 全体構成 >

図 1 は、本発明の一実施形態に係る電動パワーステアリング装置の構成を、それに関連する車両構成と共に示す概略図である。この電動パワーステアリング装置は、操舵のための操作手段としてのハンドル（ステアリングホイール）100に一端が固着されるステアリングシャフト102と、そのステアリングシャフト102の他端に連結されたラックピニオン機構104と、ハンドル100の操舵角を検出する舵角センサ2と、ハンドル100の操作によってステアリングシャフト102に加えられる操舵トルクを検出するトルクセンサ3と、ハンドル操作における運転者の負荷を軽減するための操舵補助力を発生させる電動モータ6と、その操舵補助力をステアリングシャフト102に伝達する減速ギヤ7と、車載

バッテリー 8 からイグニションスイッチ 9 を介して電源の供給を受け、舵角センサ 2 や、トルクセンサ 3、車速センサ 4 からのセンサ信号に基づきモータ 6 の駆動を制御する電子制御ユニット (ECU) 5 とを備えている。このような電動パワーステアリング装置を搭載した車両において運転者がハンドル 100 を操作すると、その操作による操舵トルクがトルクセンサ 3 によって検出され、その検出された操舵トルクと車速センサ 4 によって検出された車速と舵角センサ 2 によって検出された舵角とに基づいて、ECU 5 によりモータ 6 が駆動される。これによりモータ 6 は操舵補助力を発生し、この操舵補助力が減速ギヤ 7 を介してステアリングシャフト 102 に加えられることにより、ハンドル操作における運転者の負荷が軽減される。すなわち、ハンドル操作によって加えられる操舵トルクとモータ 6 の発生する操舵補助力によるトルクとの和が出力トルクとして、ステアリングシャフト 102 を介してラックピニオン機構 104 に与えられる。これによりピニオン軸が回転すると、その回転がラックピニオン機構 104 によってラック軸の往復運動に変換される。ラック軸の両端はタイロッドおよびナックルアームから成る連結部材 106 を介して車輪 108 に連結されており、ラック軸の往復運動に応じて車輪 108 の向きが変わる。

【0011】

<2. 制御装置の構成>

図 2 は、上記電動パワーステアリング装置における ECU 5 のハードウェア構成を示すブロック図である。ECU 5 は、タイマー機能を内蔵するマイクロコンピュータ (以下「マイコン」という) 10 と、PWM 信号生成回路 32 と、モータ駆動回路 34 と、電流検出器 36 と、電圧検出器 37 とから構成され、マイコン 10 には、舵角センサ 2 から舵角信号 θ が、トルクセンサ 3 から操舵トルク信号 T_s が、車速センサ 4 から車速信号 V_s がそれぞれ入力される。この ECU 5 において、電流検出器 36 は、モータ 6 に供給される電流すなわちモータ電流を検出して、その検出結果を電流検出値 I_m として出力し、電圧検出器 37 は、モータ 6 の端子間電圧を検出して、その検出結果を電圧検出値 V_m として出力する。これら電流検出値 I_m および電圧検出値 V_m も、マイコン 10 に入力される。マイコン 10 は、その内部のメモリに格納されたプログラムを実行することによ

りモータ制御部として機能する。すなわち、舵角信号 θ 、操舵トルク信号 T_s 、車速信号 V_s 、電流検出値 I_m および電圧検出値 V_m に基づき、モータ6が操舵トルクおよび車速に応じて適切な操舵補助力を発生させるようにモータ6に印加すべき電圧の値である電圧指令値 V_d を算出する。PWM信号生成回路32は、その電圧指令値 V_d に応じてデューティ比の変化するPWM信号を生成し、モータ駆動回路34に供給する。モータ駆動回路34は、スイッチング素子としての複数のパワートランジスタを用いて構成され、それらのスイッチング素子は、PWM信号生成回路32で生成されたPWM信号によってオン/オフされる。これにより、モータ駆動回路34は、電圧指令値 V_d に応じた電圧を発生させ、これをモータ6に印加する。

【0012】

図3は、上記ECU5内におけるモータ制御部（マイコン）10の機能的構成を示すブロック図である。このモータ制御部10は、アシスト電流設定部12と、舵角制限制御部14と、加算器16と、微分器18と、収斂制御部20と、電流指令値演算部22と、減算器24と、制御演算部30とを備えており、これらの構成要素は、マイコン10が所定プログラムを実行することによりソフトウェア的に実現される。

【0013】

上記モータ制御部10において、トルクセンサ3から出力される操舵トルク信号 T_s は、アシスト電流設定部12、舵角制限制御部14および収斂制御部20に入力され、車速センサ4から出力される車速信号 V_s も、アシスト電流設定部12、舵角制限制御部14および収斂制御部20に入力される。舵角センサ2から出力される舵角信号 θ は、舵角制限制御部14、微分器18および収斂制御部20に入力され、微分器18は舵角信号 θ を時間微分することにより操舵速度 ω を算出し、この操舵速度 ω は収斂制御部20に入力される。

【0014】

アシスト電流設定部12は、操舵トルク信号 T_s および車速信号 V_s に基づき、適切な操舵補助力を発生させるためにモータ6に供給すべき電流の値であるアシスト電流値 I_a を算出する。

【0015】

また、舵角制限制御部14は、車両が高速で走行しているときに道路上の障害物を回避すること等を目的として運転者が咄嗟にハンドル100を操作した場合にハンドル100が必要以上に切り込まれるのを防止するために、アシスト電流値 I_a に対する補正量として舵角制限電流値 I_{ss} を算出する。すなわち、舵角制限制御部14は、車速信号 V_s に基づき車速に応じた適量なハンドルの操作量である舵角量（以下「適正舵角量」という）を決定し、舵角信号 θ に基づきハンドル100の実際の舵角量が適正舵角量の上限值を超えていることが検出された場合に、操舵トルク信号 T_s および舵角信号 θ に基づき、操舵補助力が漸減されるか又は操舵方向とは逆の方向の操舵力をモータ6が発生するようにアシスト電流値 I_a を補正すべく、舵角制限電流値 I_{ss} を決定する。

【0016】

上記のようにして決定された舵角制限電流値 I_{ss} は加算器16によってアシスト電流値 I_a に加算されることにより、補正後のアシスト電流である電流目標値 I_t が得られる。この電流目標値 I_t は電流指令値演算部22に入力される。

【0017】

収斂制御部20は、操舵速度 ω 、車速信号 V_s 、舵角信号 θ 、および操舵トルク信号 T_s に基づき、ハンドル100を中立位置に収斂させるために、電流目標値 I_t に対する補正量（減算値）としてダンピング補償電流値（以下「ダンピング補償値」ともいう） I_{dc} を決定する。すなわち、本実施形態における収斂制御部20は、操舵速度および車速のみならず、舵角および操舵トルクをも考慮して収斂制御のためのダンピング補償値 I_{dc} を決定しており、この点で従来の収斂制御と相違する。このダンピング補償値 I_{dc} の決定方法の詳細については後述する。

【0018】

上記のようにして決定されたダンピング補償値 I_{dc} は、電流指令値演算部22に入力される。また、本発明に直接的には関係しないが慣性補償電流値等の他の補償電流値もモータ制御部10内で算出され、これらの補償電流値も電流指令値演算部22に入力される。電流指令値演算部22は、ダンピング補償値 I_{dc} およ

び他の補償電流値に基づき電流目標値 I_t を補正し、補正後の電流目標値を電流指令値 I_d として出力する。

【0019】

電動モータ6は、この電流指令値 I_d に基づき、減算器24と制御演算部30とPWM信号生成回路32とモータ駆動回路34と電流検出器36とからなる駆動制御手段によって、以下のように駆動制御される。

【0020】

すなわち、減算器24は、電流指令値演算部22から出力される電流指令値（補正後の電流目標値） I_d と電流検出器36から実際のモータ電流の値として出力される電流検出値 I_m との偏差 $\Delta I = I_d - I_m$ を算出する。この偏差 ΔI は制御演算部30に入力される。制御演算部30は、上記偏差 $\Delta I = I_d - I_m$ に基づく制御演算（通常は比例積分演算）によって電圧指令値 V_d を算出する。この電圧指令値 V_d は、モータ制御部としてのマイコン10から出力される。マイコン10から出力された電圧指令値 V_d はPWM信号生成回路32に入力され、そこで、電圧指令値 V_d に応じたデューティ比のPWM信号が生成される。そして、モータ駆動回路34におけるスイッチング素子とそのPWM信号によってオン／オフされることで、電圧指令値 V_d に応じた電圧が生成され、この電圧がモータ6に印加される。この電圧印加によってモータ6に電流が流れ、モータ6はこの電流に応じたトルクを発生する。このときのモータ電流は、電流検出器36によって検出され、その検出結果である電流検出値 I_m は、上記の偏差 $\Delta I = I_d - I_m$ の算出に使用される。このようにして、モータ制御部（マイコン10）で算出された電流指令値（補正後の電流目標値） I_d に等しい電流がモータ6に流れるようにフィードバック制御が行われる。

【0021】

<3. 収斂制御部の構成>

図4は、上記モータ制御部10における収斂制御部20の構成を示すブロック図である。この収斂制御部20は、ダンピング補償電流演算部202と操舵条件別ゲイン決定部204と乗算器206とからなる。

【0022】

ダンピング補償電流演算部 2 0 2 は、従来の収斂制御と同様、操舵速度 ω および車速信号 V_s に基づき、各時点の操舵速度および車速に応じたダンピング補償電流値（以下これを、収斂制御部 2 0 から出力されるダンピング補償値 I_{dc} と区別するために「基本ダンピング補償電流値」といい、符号 “ I_{dco} ” で表すものとする）を決定する。

【 0 0 2 3 】

操舵条件別ゲイン決定部 2 0 4 は、舵角信号 θ および操舵トルク信号 T_s に基づき操舵状態に応じてダンピング補償電流ゲイン G_c を決定する。このダンピング補償電流ゲイン G_c の決定方法の詳細については後述する。

【 0 0 2 4 】

上記のようにして決定された基本ダンピング補償電流値 I_{dco} およびダンピング補償電流ゲイン G_c は乗算器 2 0 6 に入力され、乗算器 2 0 6 はそれらの乗算値 $G_c \times I_{dco}$ を算出する。この乗算値 $G_c \times I_{dco}$ はダンピング補償値 I_{dc} として収斂制御部 2 0 から出力され、上記のように、電流指令値 I_d を算出すべく電流指令値演算部 2 2 において電流目標値 I_t を補正するために使用される。

【 0 0 2 5 】

< 4. モータ制御処理 >

本実施形態において、上記構成のモータ制御部は、マイコン 1 0 が所定プログラムを実行することにより、すなわち図 5 および図 6 に示される処理（以下「モータ制御処理」という）を実行することにより、ソフトウェア的に実現される。以下、このモータ制御処理について説明する。

【 0 0 2 6 】

本実施形態では、イグニションスイッチ 9 がオンされると、ECU 5 におけるマイコン 1 0 は、図 5 (a) に示すように、まず、モータ制御処理で使用される変数やフラグを初期化する（ステップ S 1 2）。この初期化において、ダンピング補償電流ゲイン G_c として第 1 のゲイン値 G_1 が設定され、後述の特定操舵状態を検出するために使用されるフラグ F_{1g} がリセットされる（ $F_{1g} = 0$ ）。ここで、第 1 のゲイン値 G_1 は、操舵状態が特定操舵状態ではないときにダンピング補償電流ゲイン G_c として設定すべき値として予め決められた値であって、

特定操舵状態ではないときにダンピング補償電流値 I_{dc} が従来よりも小さくなるように設定されている。なお、後述の第2のゲイン値 G_2 は、操舵状態が特定操舵状態であるときにダンピング補償電流ゲイン G_c として設定すべき値として予め決められた値であり、特定操舵状態のときにダンピング補償電流値 I_{dc} が従来よりも大きくなるように設定されている。

【0027】

次にマイコン10は、トルクセンサ3から操舵トルク信号 T_s を、車速センサ4から車速信号 V_s を、それぞれ受け取る（ステップS14, S16）。以下では、このとき受け取った操舵トルク信号 T_s の値を操舵トルク検出値といい、これも符号“ T_s ”で表すものとし、また、このとき受け取った車速信号 V_s の値を車速検出値といい、これも符号“ V_s ”で表すものとする。続いてマイコン10は、電流検出器36から電流検出値 I_m を受け取り（ステップS18）、その後、舵角センサ2からの舵角信号 θ を時間微分することにより、操舵速度 ω を算出する（ステップS20）。

【0028】

次にマイコン10は、図5（b）に示すような目標電流設定処理を実行することにより、電流指令値 I_d を算出する（ステップS22）。この目標電流設定処理では、マイコン10は以下のように動作する。

【0029】

まず、操舵トルク検出値 T_s および車速検出値 V_s に基づきアシスト電流値 I_a を決定する（ステップS32）。具体的には、適切な操舵補助力を発生させるためにモータ6に供給すべきアシスト電流の値と操舵トルクとの関係を車速をパラメータとして示すテーブル（「アシストテーブル」と呼ばれる）を予めマイコン10内のメモリに記憶させておき、このアシストテーブルを参照してアシスト電流値 I_a を決定する。

【0030】

次に、ハンドル100の舵角量（舵角検出値 θ の絶対値 $|\theta|$ ）が適正舵角量となるように舵角量を制限するための処理である舵角制限処理を実行する（ステップS34）。この舵角制限処理では、まず、車速検出値 V_s に基づき適正舵角

量を決定し、次に、ハンドル100の実際の舵角量 $|\theta|$ が適正舵角量の上限値を超えているか否かを判定する。その判定結果、実際の舵角量 $|\theta|$ が適正舵角量の上限値を超えている場合には、操舵トルク検出値 T_s および舵角検出値 θ に基づき、操舵補助力が漸減されるか又は操舵方向とは逆の方向の操舵力をモータ6が発生するようにアシスト電流値 I_a を補正すべく、舵角制限電流値 I_{ss} を決定する。例えば、予め用意されたマップによって車速や舵角に応じて操舵補助力の低減量または逆方向の操舵力に相当する舵角制限電流値 I_{ss} を決定する。このような舵角制限電流値 I_{ss} を上記のアシスト電流値 I_a に加算することにより、舵角制限処理の施されたアシスト電流値 $I_a + I_{ss}$ が電流目標値 I_t として得られる。

【0031】

このように舵角制限処理によってアシスト電流値 I_a を補正することにより、外部状況に対する対処（例えば道路上の障害物の回避等）のために運転者が必要以上にハンドルを切り込んでしまうのを回避することができる。なお、舵角制限処理において、舵角検出値 θ のみならず操舵トルク検出値 T_s に基づいて舵角制限電流値 I_{ss} を算出しているのは、必要以上に舵角量が増大するのを防止しつつも、障害物との衝突回避等のために必要なハンドル操作が妨げられないようにするためである。したがって、この舵角制限処理では、ハンドル100の実際の舵角量 $|\theta|$ が適正舵角量の上限値を超えていても操舵トルクが所定値以上である場合には、舵角制限電流値 I_{ss} は絶対値の小さい値として算出され、その結果、アシスト電流値 I_a の補正量は小さなものとなる。このため、操舵フィーリングを損なうことなく高速走行時において車両安定性を保つことができる。

【0032】

このような舵角制限処理が終了すると、次に、ハンドル100の舵角量を中立点（直進走行に対応する舵角量（通常は“0”））に収斂させるための処理である収斂制御処理を実行する（ステップS36）。図6（a）は、この収斂制御処理を示すフローチャートである。

【0033】

この収斂制御処理では、まず、従来と同様のダンピング補償電流演算により基

本ダンピング補償電流値 I_{dco} を算出する（ステップS52）。具体的には、車速と基本ダンピング補償電流値との関係を操舵速度をパラメータとして示すテーブルをダンピング補償電流マップとして予めマイコン10内のメモリに記憶しておき、そのマップを参照することにより、ステップS20で算出された操舵速度 ω およびステップS16で入力された車速検出値 V_s に応じた基本ダンピング補償電流値 I_{dco} を決定すればよい。また、これに代えて、操舵速度とダンピング補償電流値との関係を与えるダンピング補償電流マップ、および、ダンピング補償電流値に乘算すべきゲインと車速との関係を与える車速ゲインマップを予めマイコン10内のメモリに記憶しておき、まずダンピング補償電流マップを参照することにより、上記操舵速度 ω の値に応じたダンピング補償電流値を決定し、次に、車速ゲインマップを参照することにより、上記車速検出値 V_s に応じたゲインを決定し、そのダンピング補償電流値とそのゲインとを乗算することにより基本ダンピング補償電流値 I_{dco} を決定するようにしてもよい。なお、基本ダンピング補償電流値 I_{dco} は、車速 V_s の増加に応じて増加し、操舵速度 ω の増加に応じて増加するように設定されている。

【0034】

上記のようにして基本ダンピング補償電流値 I_{dco} が決定されると、次に、この基本ダンピング補償電流値 I_{dco} に乘じるべきダンピング補償電流ゲイン G_c を決定するためにゲイン決定処理を実行する（ステップS54）。

【0035】

このゲイン決定処理では、所定時間 T_{m0} 内に舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大した後には減少し、かつ操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} 以下である状態を特定操舵状態として検出し、この特定操舵状態では、ダンピング補償電流ゲイン G_c を大きな値である第2のゲイン値 G_2 とし、この特定操舵状態以外の状態である通常操舵状態では、ダンピング補償電流ゲイン G_c を比較的小さな値である第1のゲイン値 G_1 （ $G_1 < G_2$ ）とする。ただし、上記の所定時間 T_{m0} は、運転者（人間）がハンドルを操作することにより舵角量を中立点から増大させた後に減少させるまでの時間に比べて十分に短い時間であり、例えば500 msec～1 sec程度の時間である。また、上記の所定値 T_{s0} は、運転者（人間）が車輪10

8を転舵させるべくハンドル100を操作しているか否かを判定するための基準値として設定された値である。

【0036】

上記の特定操舵状態は、特に収斂制御が必要な状態に該当し、例えば、高速走行時等において道路に生じた穴に車輪（タイヤ）が落ちたときに突発的にハンドルが切れて戻るといった現象が生じるような状態である。このような操舵状態において、収斂制御が十分に行われないと舵角の変化（操舵動作）が発散し車両が危険な挙動を示すこともある。本実施形態では、ゲイン決定処理により、特定操舵状態のときには、通常操舵状態の場合に比べてダンピング補償電流ゲイン G_c が十分に大きな値 G_2 （例えば第1のゲイン値 G_1 の1.5倍）となり、これにより収斂制御が十分に行われる。以下、図6（b）を参照してゲイン決定処理の一例を説明する。

【0037】

図6（b）に示したゲイン決定処理では、マイコン10は以下のように動作する。

まず、舵角検出値 θ に基づき、舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大したか否かを判定する（ステップS62）。その判定の結果、舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大した場合には、マイコン10に内蔵されたタイマーをリセットした後にスタートさせ（ステップS64）、フラグ $F1g$ をセットし（ $F1g=1$ ）（ステップS66）、その後にステップS68へ進む。一方、上記判定の結果、舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大していない場合には、そのままステップS68へ進む。

【0038】

ステップS68では、操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} 以下か否かを判定する。その判定の結果、 $T_s > T_{s0}$ であれば、運転者によってハンドル操作が行われたことを示すべくフラグ $F1g$ をリセットし（ $F1g=0$ ）（ステップS70）、その後にステップS72へ進み、 $T_s < T_{s0}$ であれば、そのままステップS72へ進む。

【0039】

ステップS72では、舵角検出値 θ に基づき、舵角量 $|\theta|$ が減少したか否か

を判定し、その判定の結果、舵角量 $|\theta|$ が減少した場合にはステップ S 74 へ進み、舵角量 $|\theta|$ が減少していない場合には収斂制御処理のルーチンに復帰する。

【0040】

ステップ S 74 では、マイコン 10 に内蔵されたタイマーの値 T_m が所定時間 T_{m0} 以下か否かを判定する。その判定の結果、 $T_m \leq T_{m0}$ であればステップ S 76 へ進み、 $T_m > T_{m0}$ であれば、ダンピング補償電流ゲイン G_c を第 1 のゲイン値 G_1 に設定して（ステップ S 80）収斂制御処理のルーチンに復帰する。

【0041】

ステップ S 76 では、フラグ F_{lg} がセットされているか否か（ $F_{lg} = 1$ か否か）を判定する。その判定の結果、フラグ F_{lg} がセットされていれば（ $F_{lg} = 1$ の場合）、すなわち、タイマーの最近のスタート時点以降において操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} を越えることがなければ、ダンピング補償電流ゲイン G_c を第 1 のゲイン値 G_1 よりも大きい第 2 のゲイン値 G_2 に設定して（ステップ S 78）収斂制御処理のルーチンに復帰する。一方、その判定の結果、フラグ F_{lg} がリセットされていれば（ $F_{lg} = 0$ の場合）、すなわち、タイマーの最近のスタート時点以降において操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} を越えた場合には、ダンピング補償電流ゲイン G_c を第 1 のゲイン値 G_1 に設定して（ステップ S 78）収斂制御処理のルーチンに復帰する。

【0042】

上記のゲイン決定処理のルーチンから収斂制御処理のルーチンに復帰すると、その時点のダンピング補償電流ゲイン G_c を基本ダンピング補償電流値 I_{dc0} に乗じることにより、ダンピング補償値 I_{dc} を算出する（図 6（a）のステップ S 56）。その後、目標電流設定処理のルーチンに復帰する。

【0043】

収斂制御処理のルーチンから目標電流設定処理のルーチンに復帰すると、収斂制御処理によって得られたダンピング補償値 I_{dc} およびその他の補償電流値に基づき電流目標値 I_t を補正することにより、電流指令値 I_d を算出する（図 5（b）のステップ S 38）。その後、図 5（a）に示すメインルーチンに復帰する。

【0044】

目標電流設定処理のルーチンからメインルーチンに復帰すると、目標電流設定処理において得られた電流指令値 I_d と電流検出器 36 から出力される電流検出値 I_m との偏差 $\Delta I = I_d - I_m$ を算出し、この偏差 ΔI に基づくフィードバック制御演算（通常は比例積分演算）によって電圧指令値 V_d を算出する（ステップ S24）。そして、この電圧指令値 V_d をモータ制御部としてのマイコン 10 から出力し（図 5（a）のステップ S26）、その後、ステップ S14 へ戻る。以降、イグニションスイッチ 9 がオフされるまで、上述のステップ S14～S26 を繰り返し実行する。

【0045】

以上のようなマイコン 10 の動作（モータ制御処理）からわかるように、モータ制御部における収斂制御部 20（図 3 参照）は、収斂制御処理（図 5（b）のステップ S36、図 6（a））によって実現され、その収斂制御部 20 の構成要素である操舵条件別ゲイン決定部 204（図 4 参照）は、ゲイン決定処理（図 6（a）のステップ S54、図 6（b））によって実現される。

【0046】

<5. 効果>

上記のような本実施形態によれば、ゲイン決定処理において、特に収斂制御を必要とする特定操舵状態、すなわち所定時間 T_{m0} 内に舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大した後に減少し、かつ操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} 以下である状態では、ダンピング補償電流ゲイン G_c が第 1 のゲイン値 G_1 よりも大きい第 2 のゲイン値 G_2 に設定される（図 6（b）のステップ S78）。一方、上記の特定操舵状態以外の状態である通常操舵状態では、ダンピング補償電流ゲイン G_c が比較的小さな値である第 1 のゲイン値 G_1 に設定される（ステップ S80）。このようにして舵角検出値 θ および操舵トルク検出値 T_s に基づき収斂制御が特に必要となる特定操舵状態になると、例えば高速走行時等において穴に車輪 108 が落ちたときに突発的にハンドルが切れて戻るといった現象が生じると、ダンピング補償電流ゲイン G_c が上昇するので、ハンドル 100 の中立位置への収斂性が従

来よりも向上する。一方、通常操舵状態においては、ダンピング補償電流ゲイン G_c が従来よりも小さくなってダンピング補償値 I_{dc} が抑えられるので、収斂制御による操舵フィーリングへの悪影響が解消され、良好な操舵フィーリングを得ることができる。なお、通常操舵状態においても、ダンピング補償値 I_{dc} が従来よりも小さくなるものの収斂制御は実施されるので、これにより、例えば走行中のレーンチェンジにおける車両挙動の安定化が図られる。このように本実施形態によれば、通常操舵状態では収斂制御を従来よりも抑制しつつ必要な場合には十分な収斂制御が行われるので、ハンドルの中立位置への収斂性の向上と操舵フィーリングの向上とを同時に達成することができる。

【0047】

< 6. 変形例 >

上記実施形態では、所定時間 T_{m0} 内に舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大した後に減少し、かつ操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} 以下である状態が、特に収斂制御を必要とする特定操舵状態（ダンピング補償電流ゲイン G_c を大きな値 G_2 に設定すべき状態）として検出されているが（図 6（b）のステップ S78 等参照）、この特定操舵状態の検出条件として、舵角量 $|\theta|$ が所定値以下であること（例えば $|\theta| \leq 45$ [度]）を追加してもよい。また、ダンピング補償電流ゲイン G_c を増大させるべき特定操舵状態の検出条件は、上記の条件に限定されるものではなく、路面状況によって走行中に車輪（タイヤ）がよじられる等によって突発的に舵角が変化するような状態等、特に収斂制御を必要とする操舵状態を操舵トルク検出値 T_s および舵角検出値 θ に基づいて検出するための条件であれば、上記実施形態とは異なる条件であってもよい。

【0048】

また、上記実施形態では、舵角センサ 2 からマイコン 10 に入力される舵角信号 θ を微分することにより、実際の操舵速度に相当する操舵速度 ω が算出されているが（図 3 参照）、これに代えて、電圧検出器 37 から入力される電圧検出値 V_m （モータ 6 の端子間電圧）に基づき操舵速度 ω を算出するようにしてもよい。さらに、これらに代えて、モータ 6 の回転角を検出するセンサを設け、その回転角の変化速度から操舵速度 ω を算出するようにしてもよい。

【図面の簡単な説明】

【図 1】

本発明の一実施形態に係る電動パワーステアリング装置の構成をそれに関連する車両構成と共に示す概略図である。

【図 2】

上記実施形態に係る電動パワーステアリング装置における制御装置である ECU のハードウェア構成を示すブロック図である。

【図 3】

上記実施形態に係る電動パワーステアリング装置におけるモータ制御部の機能的構成を示すブロック図である。

【図 4】

上記実施形態におけるモータ制御部内の収斂制御部の機能的構成を示すブロック図である。

【図 5】

上記実施形態におけるモータ制御処理を示すフローチャートである。

【図 6】

上記実施形態におけるモータ制御処理に含まれる収斂制御処理を示すフローチャートである。

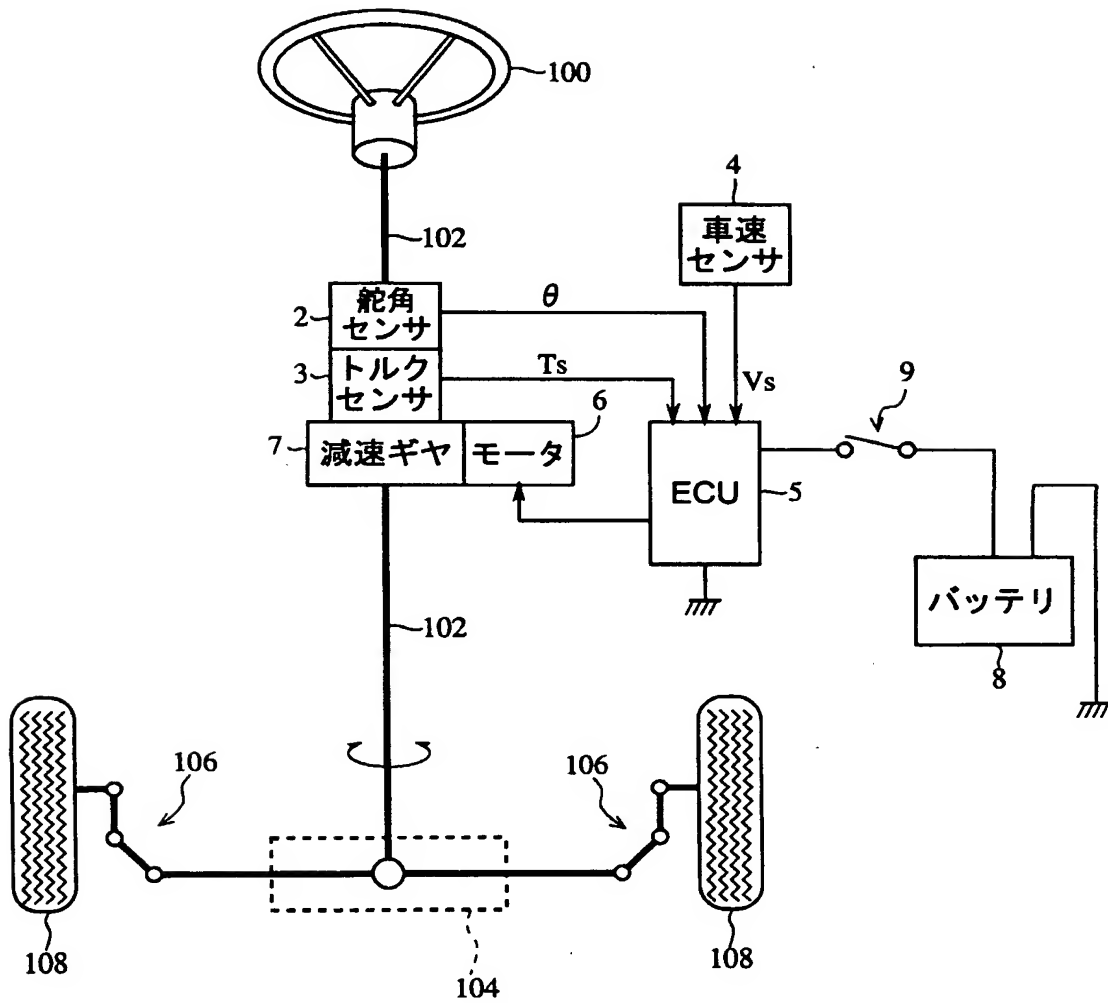
【符号の説明】

- 2 … 舵角センサ
- 3 … トルクセンサ
- 4 … 車速センサ
- 5 … 電子制御ユニット (ECU)
- 6 … モータ
- 10 … マイクロコンピュータ (モータ制御部)
- 12 … アシスト電流設定部
- 14 … 舵角制限制御部
- 20 … 収斂制御部
- 22 … 電流指令値演算部

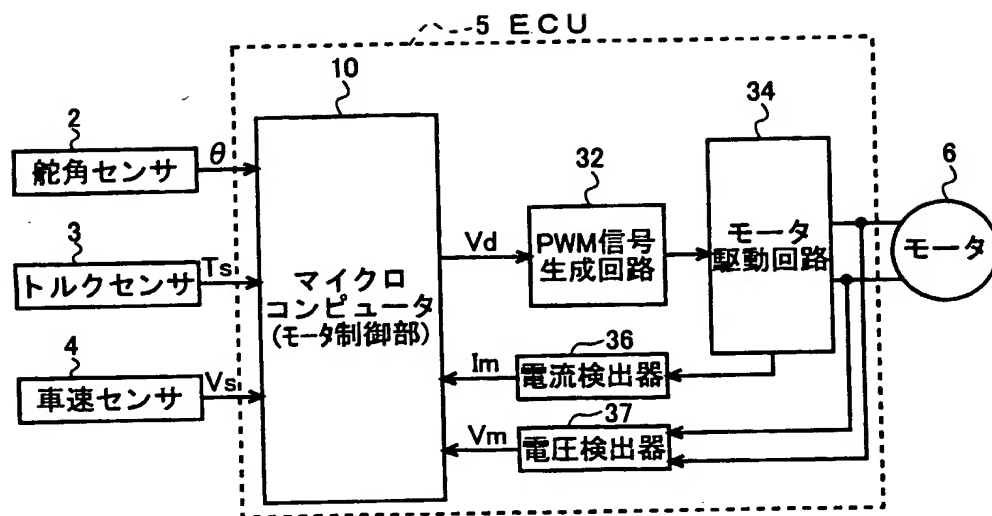
3 0 …制御演算部
 3 2 …P W M信号生成回路
 3 4 …モータ駆動回路
 2 0 2 …ダンピング補償電流演算部（補償電流設定手段）
 2 0 4 …操舵条件別ゲイン決定部（補償電流修正手段）
 2 0 6 …乗算器（補償電流修正手段）
 T s …操舵トルク信号（操舵トルク検出値）
 V s …車速信号（車速検出値）
 θ …舵角信号（舵角検出値）
 ω …操舵速度
 I m …電流検出値
 V m …電圧検出値
 I a …アシスト電流値
 I s s …舵角制限電流値
 I t …電流目標値
 I d c …ダンピング補償値（ダンピング補償電流値）
 I d …電流指令値（補正後の電流目標値）
 V d …電圧指令値
 I d c o …基本ダンピング補償電流値
 G c …ダンピング補償電流ゲイン

【書類名】 図面

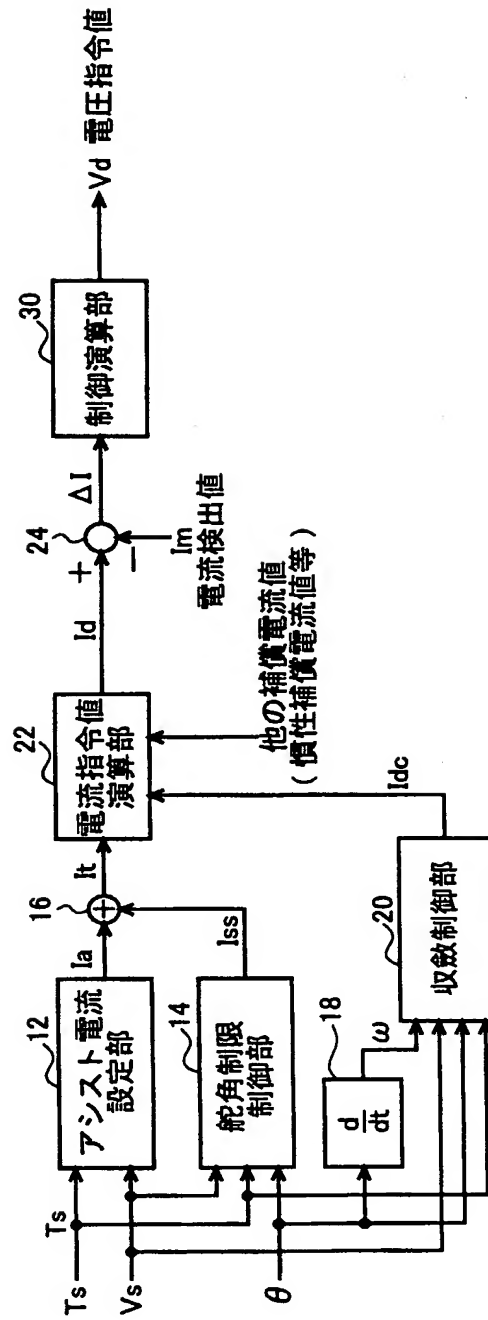
【図 1】



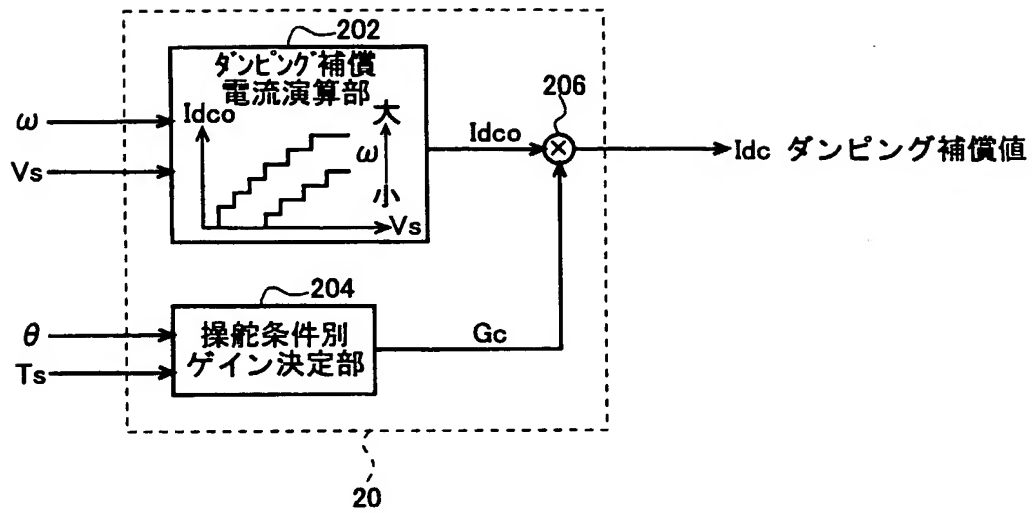
【図2】



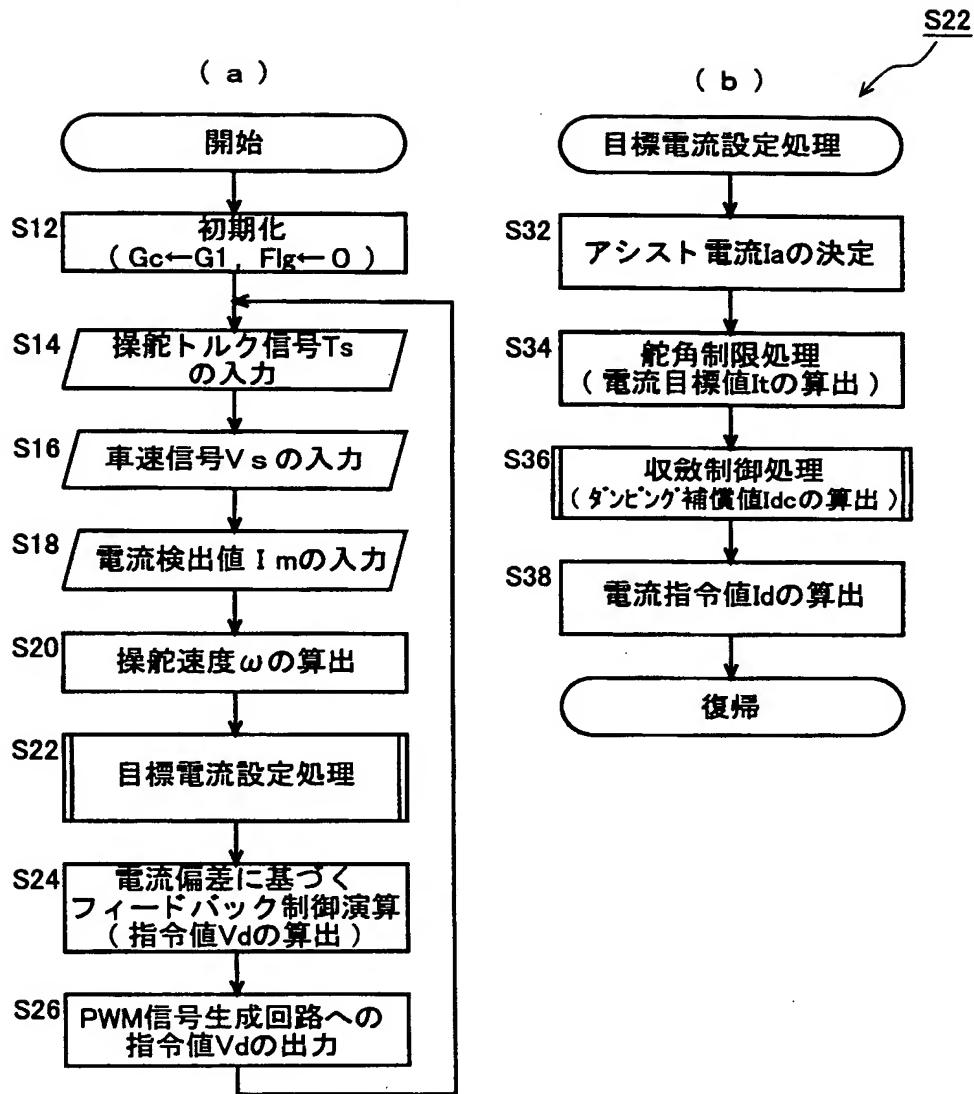
【図 3】



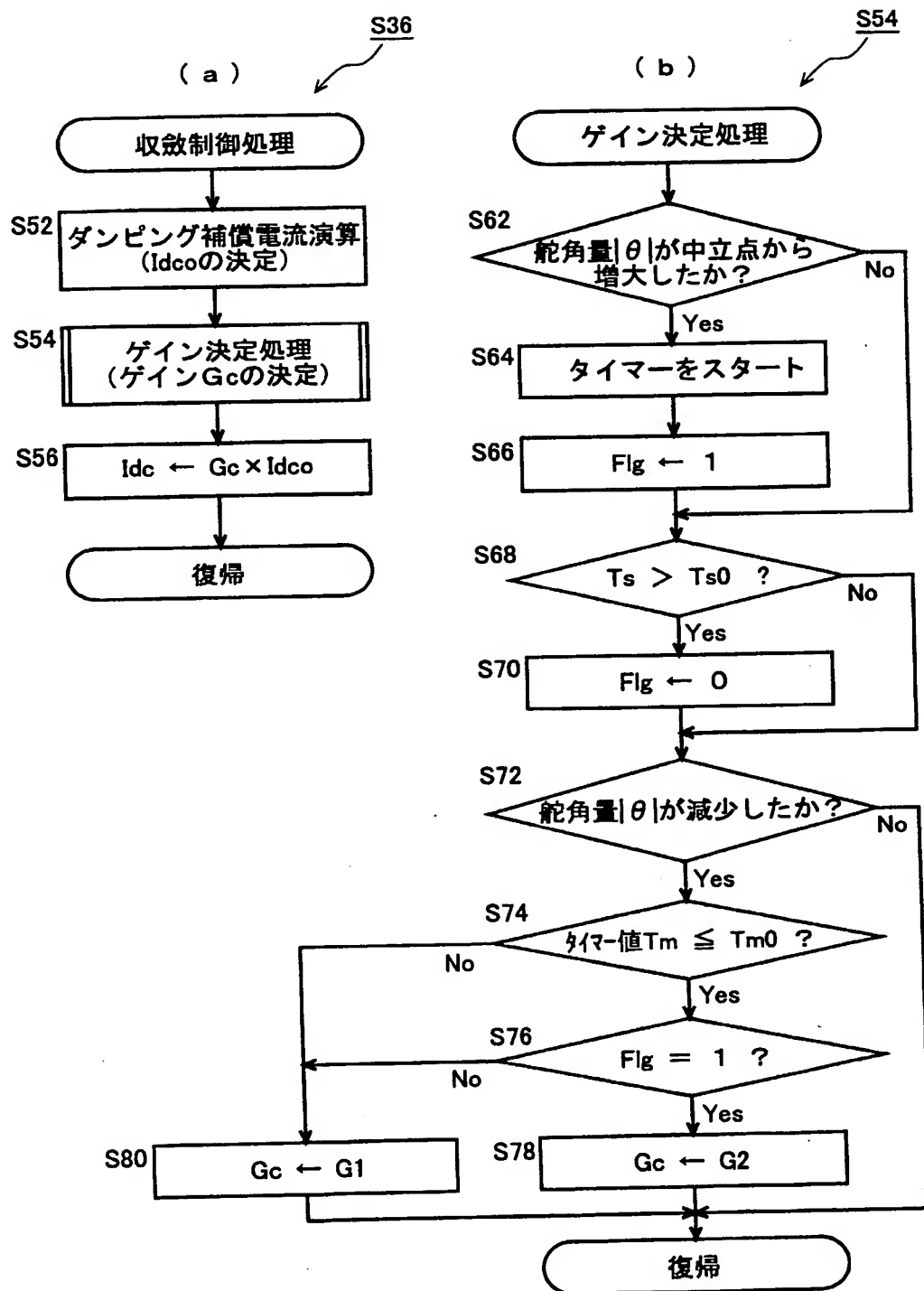
【図 4】



【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 電動パワーステアリング装置において必要に応じて十分な収斂制御を行いつつ操舵フィーリングを向上させる。

【解決手段】 収斂制御部 2 0 は、ダンピング補償電流演算部 2 0 2 により操舵速度 ω と車速検出値 V_s に応じて基本ダンピング補償電流値 I_{dco} を決定し、操舵条件別ゲイン決定部 2 0 4 によりダンピング補償電流ゲイン G_c を決定し、基本ダンピング補償電流値 I_{dco} とダンピング補償電流ゲイン G_c との乗算値をダンピング補償値 I_{dc} として出力する。このとき操舵条件別ゲイン決定部 2 0 4 は、所定時間 T_{m0} 内に舵角量 $|\theta|$ が中立点から増大した後に減少し、かつ操舵トルク検出値 T_s が所定値 T_{s0} 以下である状態を特定操舵状態として検出し、ダンピング補償電流ゲイン G_c として、特定操舵状態以外の状態では比較的小さな値である第 1 のゲイン値 G_1 を出力し、特定操舵状態では大きな値である第 2 のゲイン値 G_2 を出力する。

【選択図】 図 4

認定・付加情報

特許出願の番号	特願 2002-199468
受付番号	50201001020
書類名	特許願
担当官	第三担当上席 0092
作成日	平成14年 7月10日

<認定情報・付加情報>

【提出日】	平成14年 7月 9日
-------	-------------

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001247]

1. 変更年月日	1990年 8月24日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市中央区南船場3丁目5番8号
氏 名	光洋精工株式会社